

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09083039 A**

(43) Date of publication of application: **28.03.97**

(51) Int. Cl

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39

(21) Application number: **07236470**

(22) Date of filing: **14.09.95**

(71) Applicant: **NEC CORP**

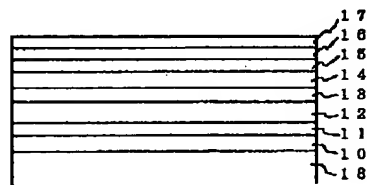
(72) Inventor:
HAYASHI KAZUHIKO
FUJIKATA JUNICHI
YAMAMOTO HIDEFUMI
ISHIHARA KUNIIHIKO
NAKADA MASABUMI

(54) **MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain good cross point, reproduction output and half-width by specifying the range of the thickness of magnetic layer, the height of element and the thickness of an antiferromagnetic layer.

SOLUTION: A first antiferromagnetic layer 10 of Ni oxide, a second antiferromagnetic layer 11 of Co oxide, a first ferromagnetic layer 12, a first enhance layer 13, a nonmagnetic layer 14, a second MR enhance layer 15, a second ferromagnetic layer 16, and protective layers 17, 18 are formed sequentially on an underlying layer 18. Thickness of the ferromagnetic layers 12, 16 is set in the range of 1-10nm to provide a cross point in the range of 0.45-0.55. Height of the element is set in the range of 0.1-1 μ m, thickness of the nonmagnetic layer 14 is set in the range of 2-3nm, and thickness of the antiferromagnetic layer 10 is set in the range of 5-30nm. This arrangement realizes good cross point, reproduction output and half-width of output signal.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-83039

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z
G 0 1 R 33/09			G 1 1 B 5/39	
G 1 1 B 5/39			G 0 1 R 33/06	R

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-236470

(22) 出願日 平成7年(1995)9月14日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 藤方 潤一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 山本 英文

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

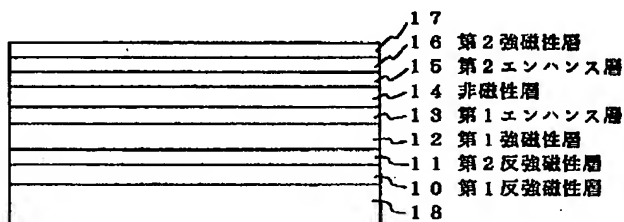
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【目的】 良好なクロスポイント、再生出力、および良好な出力信号半値幅をもつ、磁気抵抗効果センサを実現すること。

【構成】 反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／C o 層／非磁性層／C o 層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子において、反強磁性層がN i 酸化物、N i 酸化物とC o 酸化物の混合物、もしくはN i 酸化物とC o 酸化物の積層物からなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nm以下、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmとすることにより、良好なクロスポイント、再生出力、および良好な出力信号半値幅をもつ、磁気抵抗効果センサを実現することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子において、反強磁性層がNi酸化物またはNi酸化物とCo酸化物の混合物またはNi酸化物とCo酸化物の積層膜のいずれかからなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nmでクロスポイント0.45～0.55を与える膜厚であり、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmであることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】Ni酸化物またはNi酸化物とCo酸化物の混合物またはNi酸化物とCo酸化物の積層膜からなる反強磁性層中のNi原子数／(Ni原子数+Co原子数)が0.25以上であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】第1および／または第2の強磁性層がNiFe、NiFeCo、NiCo、Coのいずれかーを主成分とする材料からなることを特徴とする請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】非磁性層がCu、またはAg添加Cu、またはRe添加Cuのいずれかーを主成分とする材料からなることを特徴とする請求項1～3のいずれかーに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】基板上に所望の形状にパターン化された下シールド層、下ギャップ層、および所望の形状にパターン化された磁気抵抗効果素子が積層されており、前記磁気抵抗効果素子端部に接するように縦バイアス層および下電極層が順次積層されており、その上に上ギャップ層、上シールド層が順次積層されている、シールド型磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子であって、反強磁性層がNi酸化物またはNi酸化物とCo酸化物の混合物またはNi酸化物とCo酸化物の積層膜のいずれかからなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nmでクロスポイント0.45～0.55を与える膜厚であり、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmであることを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項6】基板上に所望の形状にパターン化された下シールド層、下ギャップ層、および所望の形状にパターン化された磁気抵抗効果素子が積層されており、その上部に一部重なるように縦バイアス層および下電極層が順次積層されており、その上に上ギャップ層、上シールド

2

層が順次積層されている、シールド型磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層がこの順または逆順に形成された磁気抵抗効果素子であって、反強磁性層がNi酸化物またはNi酸化物とCo酸化物の混合物またはNi酸化物とCo酸化物の積層膜のいずれかからなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nmでクロスポイント0.45～0.55を与える膜厚であり、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmであることを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果センサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術では、磁気抵抗(MR)センサまたはヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されており、これは、大きな線密度で磁性表面からデータを読み取れることがわかっている。MRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出する。こうした従来技術のMRセンサは、読み取り素子の抵抗の1成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化する、異方性磁気抵抗(AMR)効果に基づいて動作する。AMR効果のより詳しい説明は、D. A. トムソン(Thompson)等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p. 1039 (1975)に出ている。

【0003】さらに最近には、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピン依存性伝送、およびそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が記載されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ(SV)効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗効果センサは適当な材料でできており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性体層の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0004】1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらし積層磁性構造が記載されている。積層構造で使用可能な材料として、上記明細書には強磁性の遷移金属および合金が挙げ

3

られている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に反強磁性層を付加した構造および反強磁性層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0005】1990年12月11日に優先権主張されている、特開平4-358310号公報には、非磁性金属の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、センサ中を通る電流の方向とは独立な、MRセンサが開示されている。

【0006】1992年8月28日に優先権主張されている、特開平6-203340号公報には、非磁性金属材料の薄膜層で分離された2つの強磁性体の薄膜層を含み、外部印加磁界がゼロのとき、隣接する反強磁性体層の磁化が他方の強磁性体層に対して垂直に保たれる、上記の効果に基づくMRセンサが開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】SV効果を利用した磁気抵抗効果素子を磁気抵抗効果センサとして利用する場合に、従来のAMRを用いた磁気抵抗センサの場合同様、磁界零における動作ポイント（クロスポイント）を最適化することが必要になる。また、SV効果を利用した磁気抵抗効果素子では素子形状がヘッド再生出力に影響を及ぼす。さらに、非導電材料を反強磁性材料に用いたSV素子では反強磁性材料の膜厚がシールド型磁気抵抗素子のギャップ長に影響し、シールド型磁気抵抗効果ヘッドによる再生信号の波形に影響を及ぼす。

【0008】本発明は、良好なクロスポイント、再生出力、および良好な出力信号半値幅を与える、磁性層膜厚、素子高さ、および反強磁性層膜厚の範囲を提示することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子において、反強磁性層がNi酸化物からなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nm以下、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmとする。

【0010】または反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子において、反強磁性層がNi酸化物とCo酸化物の混合物からなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nm以下、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmとする。

4

【0011】または反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子において、反強磁性層がNi酸化物とCo酸化物の積層膜からなり、かつ強磁性層膜厚が1～10nm、素子高さが0.1～1μm、非磁性層膜厚が2nm～3nm、反強磁性層膜厚が5～30nmとする。

【0012】

10 【発明の実施の形態】反強磁性層／第1の強磁性層／非磁性層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子、または反強磁性層／第1の強磁性層／Co層／非磁性層／Co層／第2の強磁性層からなる磁気抵抗効果素子においては、第1の磁性層と第2の磁性層が膜端部において静磁的にカップリングしている。この際第1の強磁性層の磁化は反強磁性層により固定されているので、静磁結合はもっぱら第2の磁性層の磁化を第1の強磁性層の磁化と逆向きに向けようとする力として働く。従って、静磁結合が強いほど2つの強磁性層の磁化のなす角度は反対方向により大きくなることになる。

20 【0013】クロスポイントが最適の0.5になるためには、第2の強磁性層の磁化方向は第1の強磁性層の磁化方向と直交しなければならないので、静磁結合は適当な値に設定する必要がある。ここで、2層間の静磁結合は強磁性層膜厚により変えることができるので、結局強磁性層膜厚を適当な値に設定することにより、クロスポイントを0.5付近に設定することができる。この際注意しなければならないのは、2層間の静磁結合は、磁気抵抗効果膜とシールド間の距離によっても変わるということである。これは磁気抵抗効果膜—シールド間の距離が変わることにより、強磁性層端部における磁束の流れが変わることに対応している。

30 【0014】また、上記タイプの磁気抵抗効果素子では抵抗変化量が素子高さが小さいほど大きくなる。これは素子高さが小さいほど素子抵抗値が増大すると同時に、素子内部で外部磁界の変化に対して、きちんと磁化が追従して反転する領域の割合が拡大することに対応している。

40 【0015】また、上記タイプの磁気抵抗効果素子では反強磁性層が絶縁材料であるため、反強磁性層膜厚がそのままヘッドにした際のシールド間ギャップ増大につながる。このため反強磁性層膜厚が大きいほど磁束を広くひろうことになり、出力信号半値幅が大きくなる。出力信号半値幅は反強磁性層膜厚を減少させることにより改善される。

【0016】本発明を適用したシールド型素子としては、図1および図2のような形のものをを用いることができる。

50 【0017】図1のタイプでは基板1上に下シールド層2、磁気抵抗効果素子6を積層させる。その上にギャッ

5

ブ規定絶縁層7を積層させることもある。シールド層2は適当な大きさにPR工程によりパターン化されることが多い。磁気抵抗効果素子6はPR工程により適当な大きさ形状にパターン化されており、その端部に接するように縦バイアス層4および下電極層5が順次積層されている。その上に上ギャップ層8、上シールド層9が順次積層されている。

【0018】図2のタイプでは基板1上に下シールド層2、磁気抵抗効果素子6を積層させる。シールド層2は適当な大きさにPR工程によりパターン化されることが多い。磁気抵抗効果素子6はPR工程により適当な大きさ形状にパターン化されており、その上部に1部重なるように縦バイアス層4および下電極層5が順次積層されている。その上に上ギャップ層8、上シールド層9が順次積層されている。

【0019】図1および図2のタイプの、下シールド層2としては、NiFe、CoZr系合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.5~10 μ mの範囲で適用可能である。下ギャップ層3は、アルミニウム酸化物、シリコン酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン等が適用可能である。0.03~0.20 μ m範囲での使用が望ましい。下電極4としては、Zr、Ta、Moからなる単体もしくは合金もしくは混合物が望ましい。膜厚範囲は0.01~0.10 μ mがよい。縦バイアス層としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、NiO、NiCoO等を用いることができる。ギャップ規定絶縁層としては、アルミニウム酸化物、シリコン酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン等が適用可能である。0.005~0.05 μ m範囲での使用が望ましい。上ギャップ層8は、アルミニウム酸化物、シリコン酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン等が適用可能である。0.03~0.20 μ m範囲での使用が望ましい。

【0020】図3および図4は本発明に用いた磁気抵抗効果素子の膜構成の概念図である。図3の例は下地層18上にNi酸化物からなる第1反強磁性層10、Co酸化物からなる第2反強磁性層11、第1の強磁性層12、第1MRエンハンス層13、非磁性層14、第2MRエンハンス層15、第2強磁性層16および保護層17、18を順次積層した構成であり、図4の例は下地層18上に第2の強磁性層16、第2MRエンハンス層15、非磁性層14、第1MRエンハンス層13、第1強磁性層12、Co酸化物層11、Ni酸化物層10、および保護層17を順次積層させた構成である。

【0021】この際、第1強磁性層としてはNiFe、NiFeCo、CoZr系材料、FeCoB、センダスト、窒化鉄系材料、FeCo等を用いることができる。膜厚は1~10nmが望ましい。第1MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等を用いることが

6

できる。膜厚は0.5~2nm程度が望ましい。第1MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する行程数は低減する。非磁性層としてはCu、Cuに1~20at%程度のAgを添加した材料、Cuに1~20at%程度のReを添加した材料を用いることができる。膜厚は2~3nmが望ましい。第2MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等を用いることができる。膜厚は0.5~2nm程度が望ましい。第2MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する行程数は低減する。第2強磁性層としてはNiFe、NiFeCo、CoZr系材料、FeCoB、センダスト、窒化鉄系材料、FeCo等を用いることができる。膜厚は1~10nm程度が望ましい。第1または第2磁性層がNiFeもしくはNiFeCoをベースにした材料の場合には、下地層をTa、Hf、Zr等fcc構造を有する材料にすることにより、第1または第2強磁性層および非磁性層の結晶性を良好にし、MR比を向上させることができる。保護層としてはAl、Si、Ta、Tiからなるグループの酸化物または窒化物、Cu、Au、Ag、Ta、Hf、Zr、Ir、Si、Pt、Ti、Cr、Al、Cからなるグループ、もしくはそれらの混合物を用いることができる。用いることにより耐食性は向上するが、用いない場合は逆に製造行程数が低減し生産性が向上する。

【0022】

【実施例】

(実施例1~12) アルミナ下地層/Ni酸化物(30nm)/Co酸化物(0.9nm)/第1の強磁性層(4nm)/Cu層(2.5nm)/第2の強磁性層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)をこの順に積層した構成で、第1および第2の強磁性層に種々の材料を用いて磁気抵抗効果素子を試作した。それぞれの素子のMR比を表1に示す。

【0023】

【表1】

7

実施例	第1の強磁性層	第2の強磁性層	MR比 (%)
1	NiFe	NiFe	6
2	NiFeCo	NiFe	7
3	Co	NiFe	8
4	FeCo	NiFe	8
5	NiFe	NiFeCo	8
6	NiFeCo	NiFeCo	10
7	Co	NiFeCo	11
8	FeCo	NiFeCo	11
9	NiFe	FeCo	8
10	NiFeCo	FeCo	9
11	Co	FeCo	12
12	FeCo	FeCo	13

【0024】(実施例13) アルミナ下地層/Ni酸化物(30nm)/Co酸化物(0.9nm)/NiFe層(4nm)/Co層(1nm)/Cu層(2.5nm)/Co層(1nm)/NiFe層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)をこの順に積層した構成で、磁気抵抗効果素子を試作した。得られたMR比は9%であった。

【0025】図5はアルミナ下地層/Ni酸化物(30nm)/Co酸化物(0.9nm)/NiFe層(4nm)/Co層(1nm)/Cu/Cu層(1nm)/NiFe層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)という構成で素子を作成した場合の、Cu非磁性層膜厚を変えた場合の磁気抵抗効果素子のMR比である。非磁性層膜厚が2~3nmでMR比が5%を越えており、この範囲が適当な膜厚であることがわかる。

【0026】次にアルミナ下地層/Ni酸化物(30nm)/Co酸化物(0.9nm)/NiFe層(4nm)/Co層(1nm)/Cu層(2.5nm)/Co層(1nm)/NiFe層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)という構成で磁気抵抗効果素子を作製し、CuへのAg添加量を種々に変えて、1時間の熱処理によりMR比が熱処理前の50%に低下した熱処理温度Tを求めた。TはAg添加量の増大にともない単調に増大した(表2)。

【0027】

【表2】

8

Cu層へのAg添加量 (at%)	1時間の熱処理によりMR比が50%に低下する熱処理温度(℃)
0	220
2	230
3	240
5	250
7	260
10	270
15	275
20	275
30	280
40	280
50	280

【0028】次にアルミナ下地層/Ni酸化物(30nm)/Co酸化物(0.9nm)/NiFe層(4nm)/Co層(1nm)/Cu層(2.5nm)/Co層(1nm)/NiFe層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)という構成で磁気抵抗効果素子を作製し、CuへのRe添加量を種々に変えて、1時間の熱処理によりMR比が熱処理前の50%に低下した熱処理温度Tを求めた。TはRe添加量の増大にともない単調に増大した(表2)。

【0029】

【表3】

Cu層へのRe添加量 (at%)	1時間の熱処理によりMR比が50%に低下する熱処理温度(℃)
0	220
2	225
3	235
5	250
7	260
10	270
15	270
20	275
30	280
40	280
50	280

【0030】次に、アルミナ下地層/(NiCo酸化物(30nm)またはNi酸化物/Co酸化物超格子(30nm))/第1の強磁性層(4nm)/Cu層(2.5nm)/第2の強磁性層(6nm)/Ta保護層(1.5nm)という構成で、NiCoO層もしくはNiO/CoO超格子中の、Ni原子数/(Ni原子数+Co原子数)が異

なる磁気抵抗効果素子を作製し、素子を加熱して抵抗変化が零になる点から反強磁性層のネール点を測定する(図6)。ネール点は、 $\text{Ni 原子数} / (\text{Ni 原子数} + \text{Co 原子数})$ の値が大きくなるに従い直線的に増大する。磁気抵抗効果センサの動作温度は一般的に最大80℃程度になるので、 $\text{Ni 原子数} / (\text{Ni 原子数} + \text{Co 原子数})$ は0.25以上である必要がある。

【0031】(実施例14)基板1上に下シールド層2として所望の形状にNiFeが2nm形成され、下ギャップ層3としてアルミナが0.07~0.15nm積層され、磁気抵抗効果素子6としては、図3の構成のものを用い、下から順にNi酸化物(23nm)/Co酸化物(1nm)/NiFe(2~20nm)/Co(1nm)/Cu(1~4nm)/Co(1nm)/NiFe(2~20nm)を積層し、適当な形状にパターン化した。磁気抵抗効果素子6の端部に接するように、CoCrPtからなる縦バイアス層が0.025nm形成され、その上にMoからなる下電極が0.05nm形成されている。ギャップ規定絶縁層7はアルミナ0.01nm、上ギャップ層8はアルミナ0.07~0.15nm、上シールド層9はNiFe 2nmである。

【0032】図7にギャップ長を変えた場合の、クロスポイントと第1強磁性層膜厚との関係を、図8にクロスポイントが0.5になる第1強磁性層膜厚とギャップ長との関係を示す。第2磁性層膜厚は6nmに固定している。クロスポイントの定義は図9に示す。

【0033】クロスポイントは第1磁性層膜厚の増加に伴い、減少した。また、クロスポイント0.45~0.55を与える第1磁性層の膜厚は上ギャップ層および下ギャップ層膜厚の増加に伴い直線的に減少するが、このギャップ層範囲ではいずれも1~10nmになっている。

【0034】図10にギャップ長を変えた場合の、クロスポイントと第2磁性層膜厚との関係を、図11にクロスポイントが0.45~0.55になる第2強磁性層膜厚と上ギャップ層および下ギャップ層膜厚との関係を示す。

【0035】この際、上ギャップ層と下ギャップ層の膜厚は等しくなるように設定している。第1磁性層膜厚は6nmである。クロスポイントの定義は図9に示す。

【0036】クロスポイントは第2磁性層膜厚の増加にともない、減少した。また、クロスポイント0.45~0.55を与える第2磁性層の膜厚は上ギャップ層および下ギャップ層膜厚の増加に伴い直線的に減少するが、このギャップ範囲ではいずれも1~10nmになっている。

【0037】表4は第1強磁性層膜厚を10~100nmで変えた場合の、出力信号半値幅である。記録再生時の媒体の線速は10m/sである。2Gb/in²程度以上の高記録密度実現のためには出力信号半値幅は25ns以下であることが必要であるが、この条件は反強磁性

層膜厚が5~30nmで実現された。

【0038】

【表4】

反強磁性層膜厚 (nm)	出力信号半値幅 (ns)
5	12
10	15
20	20
30	25
50	30
100	50

【0039】図12は素子高さと出力電圧との関係である。センス電流は $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 、トラック幅は1μmとした。素子高さが小さくなると出力電圧は大きくなる。一般に出力電圧としては400μV程度が必要とされているが、この条件を満たす素子高さの範囲は0.1~1μmであることがわかる。

【0040】

【発明の効果】本発明を適用することにより、良好なクロスポイント、再生出力、および良好な出力信号半値幅をもつ、磁気抵抗効果センサを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】MRセンサの代表的な構成を示す図。

【図2】MRセンサの代表的な構成を示す図。

【図3】磁気抵抗効果素子の代表的な構成を示す図。

【図4】非磁性層膜厚とMR比の関係を示す図。

【図5】磁気抵抗効果素子の代表的な構成を示す図。

【図6】Ni原子数/(Ni原子数+Co原子数)とネール温度の関係図。

【図7】ギャップ長を変えた場合の、クロスポイントと第1強磁性層膜厚との関係図。

【図8】クロスポイントが0.5になる第1強磁性層膜厚と上ギャップ層および下ギャップ層膜厚との関係図。

【図9】クロスポイントの定義を示す図。

【図10】上ギャップ層および下ギャップ層膜厚を変えた場合の、クロスポイントと第2強磁性層膜厚との関係図。

【図11】クロスポイントが0.5になる第1強磁性層膜厚と上ギャップ層および下ギャップ層膜厚との関係図。

【図12】Cu非磁性層膜厚を変えた場合の磁気抵抗効果素子のMR比を示す図。

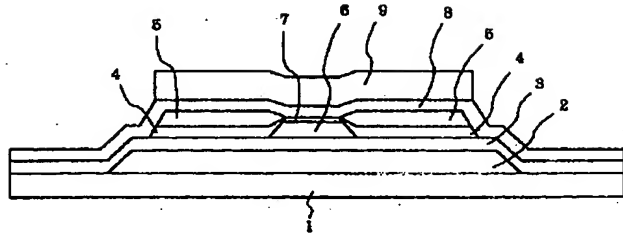
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下シールド層
- 3 下ギャップ層
- 4 縦バイアス層

11

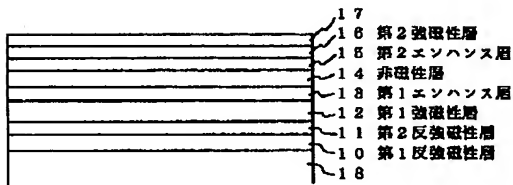
- 5 下電極
- 6 磁気抵抗効果素子
- 7 ギャップ規定絶縁層
- 8 上ギャップ層
- 9 上シールド層
- 10 第1反強磁性層

【図1】

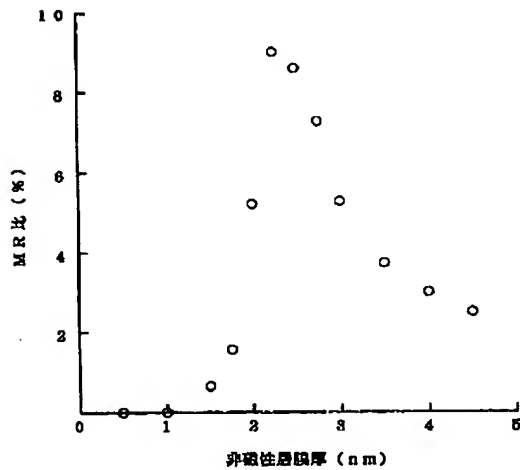


- 1 基板
- 2 下シールド層
- 3 下ギャップ層
- 4 絞バイアス層
- 5 下電極
- 6 磁気抵抗効果素子
- 7 ギャップ規定絶縁層
- 8 上ギャップ層
- 9 上シールド層

【図3】



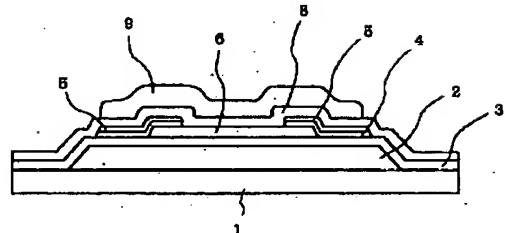
【図5】



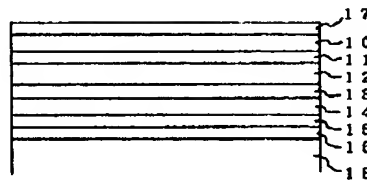
12

- 11 第2反強磁性層
- 12 第1強磁性層
- 13 第1エンハンス層
- 14 非磁性層
- 15 第2エンハンス層
- 16 第2強磁性層

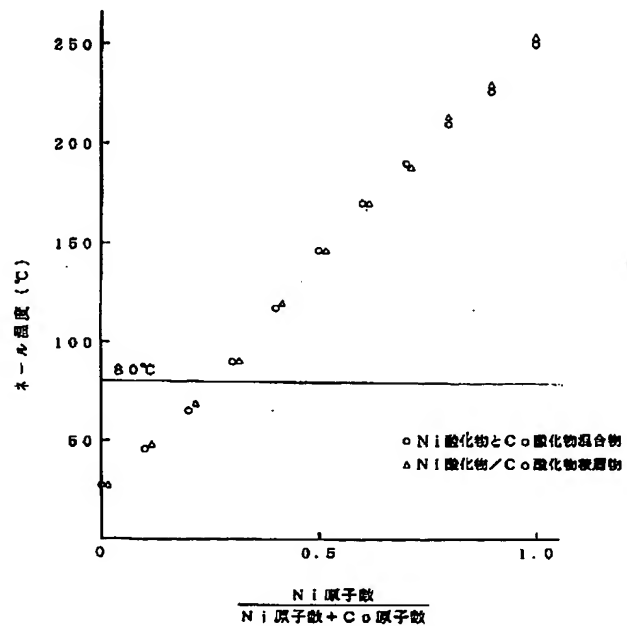
【図2】



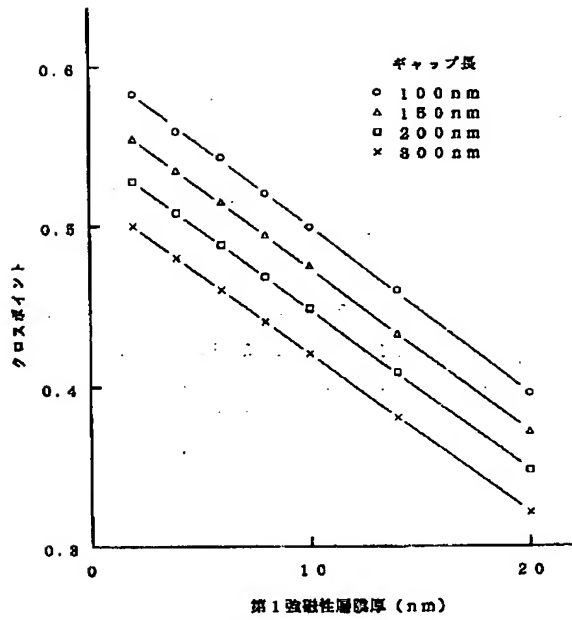
【図4】



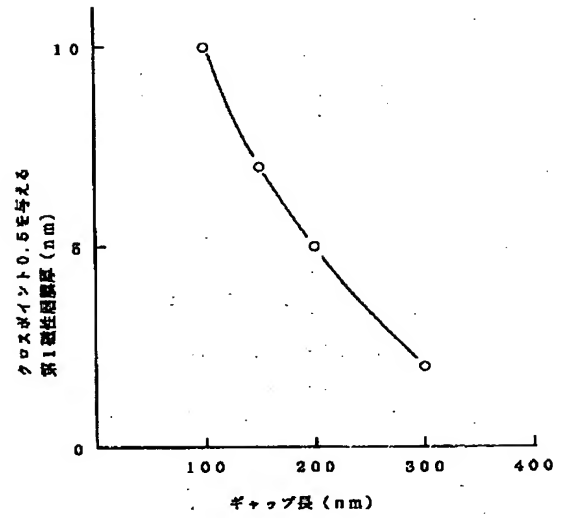
【図6】



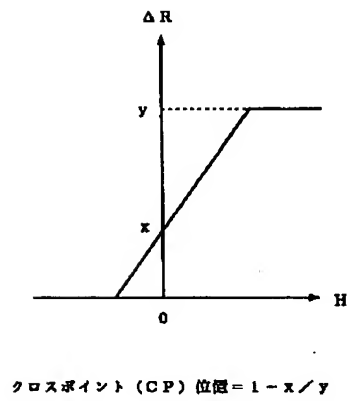
【図7】



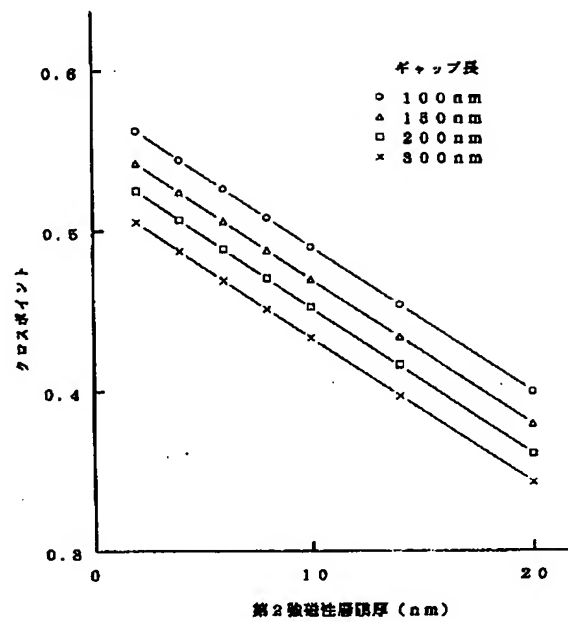
【図8】



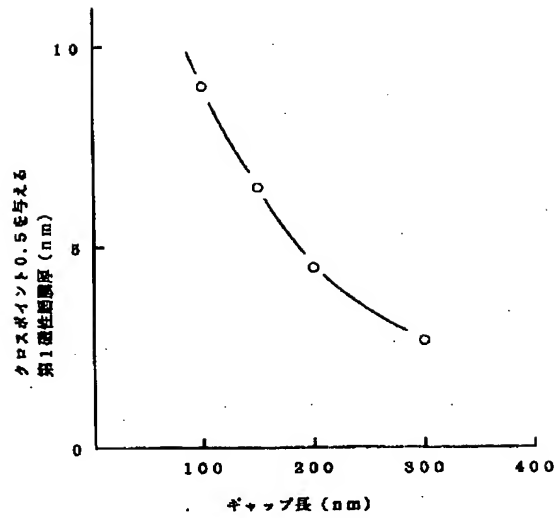
【図9】



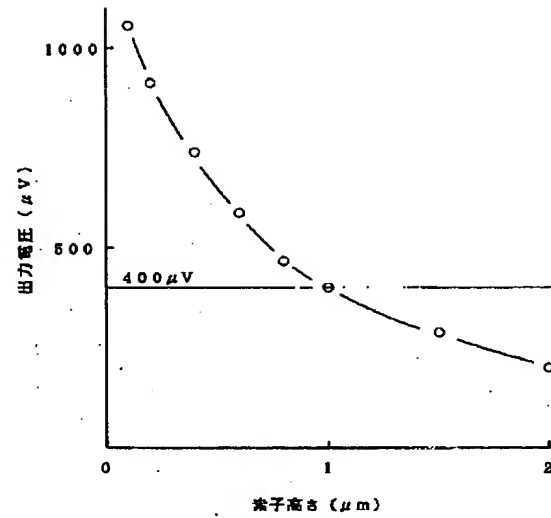
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 石原 邦彦
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 中田 正文
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内